



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 054 139 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

22.11.2000 Patentblatt 2000/47

(51) Int. Cl.⁷: F01N 3/20

(21) Anmeldenummer: 00109949.8

(22) Anmeldetag: 11.05.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 19.05.1999 DE 19922959

- Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft
80809 München (DE)
- Volkswagen AG
38436 Wolfsburg (DE)
- Dr.Ing. h.c. F. Porsche
Aktiengesellschaft
71287 Weissach (DE)

(71) Anmelder:

- DaimlerChrysler AG
70567 Stuttgart (DE)
- AUDI AG
85045 Ingolstadt (DE)

(72) Erfinder:

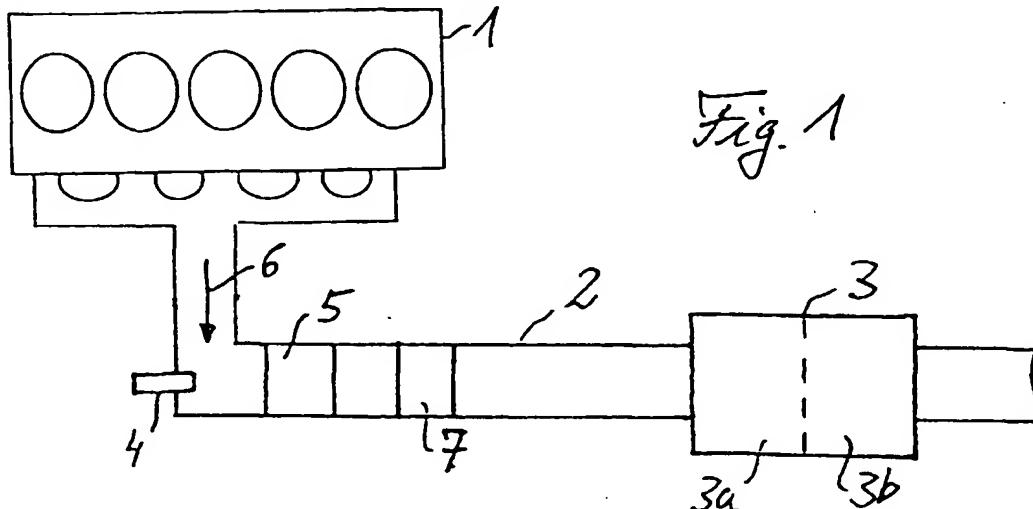
- Goerigk, Christian
71282 Hemmingen (DE)
- Wessels, Stefan
71287 Weissach-Flacht (DE)

(54) Abgasreinigungsanlage mit Stickoxidreduktion unter Reduktionsmittelzugabe

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Abgasreinigungsanlage zur Reinigung eines in einem Abgasstrang geführten Abgasstroms mit einem im Abgasstrang angeordneten Stickoxid-Reduktionskatalysator (3) zur Reduktion von im Abgas enthaltenen Stickoxiden unter Beteiligung eines in den Abgasstrom eingebrachten, dampfförmigen Reduktionsmittels und mit einer Reduktionsmittel-Zudosiereinrichtung zur Zudosierung des Reduktionsmittels oder eines Reduktionsmittel-Vorprodukts zum Abgasstrom, die einen im

Abgasstrang stromaufwärts des Stickoxid-Reduktionskatalysators angeordneten Verdampfer (5a) umfaßt.

Erfindungsgemäß besitzt der Verdampfer (5a) als Wärmequelle eine beheizbare Prallfläche (5a), auf die das von einer Zufuhrleinheit (4) zugeführte Reduktionsmittel unter Druck gerichtet wird, oder einen Mikrowellengenerator.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Abgasreinigungsanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Derartige Abgasreinigungsanlagen werden beispielsweise für Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen verwendet und ermöglichen eine Reinigung des Abgases von eventuell enthaltenen Stickoxiden nach dem sogenannten SCR(Selective Catalytic Reduction)-Verfahren. Bei diesem Verfahren werden die Stickoxide in einem entsprechenden Reduktionskatalysator chemisch unter Beteiligung eines geeigneten Reduktionsmittels reduziert, das dem Abgasstrom zugegeben wird. Als Reduktionsmittel wird häufig dampf- bzw. gasförmiger Ammoniak verwendet, der durch Verdampfung und nachfolgender Thermolyse und Hydrolyse von vorzugsweise in Lösung in den Abgasstrom eingebrachtem Harnstoff erzeugt wird.

[0002] Eine Abgasreinigungsanlage dieser Art ist in der Offenlegungsschrift WO 97/36676 offenbart. Dort wird flüssige Harnstofflösung in einer elektrisch beheizbaren Zudosiereinheit, die an einer Abgasleitungswandung angeordnet ist, unter Hydrolyse des Harnstoffs verdampft und in den Abgasstrom eingedüst. Durch einen nachgeschalteten Mischer kann die Vermischung des eingedüstten Reduktionsmittels mit dem Abgas unterstützt werden.

[0003] Bei einer in der Patentschrift EP 0 555 746 B1 offenbarten Abgasreinigungsanlage dieser Art ist ein abgasbeheizter Metallwaben-Verdampfer vorgesehen, der gleichzeitig als Hydrolysekatalysator für eingedüste Harnstofflösung und als Strömungsmischer fungiert. Dem Metallwaben-Verdampferkörper ist im Abgasstrang eine mehrteilige Katalysatoreinheit nachgeschaltet, die einen stromaufwärtigen Stickoxid-Reduktionskatalysator und einen stromabwärtigen Oxidationskatalysator umfaßt.

[0004] Bei einer in der Patentschrift EP 0 615 777 B1 offenbarten Abgasreinigungsanlage wird Harnstoff in fester Partikelform in den Abgasstrom eingedüst, der anschließend einem Hydrolysekatalysator und von dort einem Stickoxid-Reduktionskatalysator und einem nachgeschalteten Oxidationskatalysator zugeführt wird.

[0005] Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung einer Abgasreinigungsanlage der eingangs genannten Art zugrunde, bei der das Reduktionsmittel zur Stickoxidreduktion mit relativ geringem Aufwand in vorteilhafter Weise als Dampf dem Abgasstrom zugegeben werden kann.

[0006] Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung einer Abgasreinigungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bei dieser Anlage beinhaltet der im Abgasstrang stromaufwärts des Stickoxid-Reduktionskatalysators angeordnete Verdampfer als Wärmequelle entweder eine beheizbare Prallfläche, auf die das von einer Zufuhrseinheit zugeführte Reduktionsmittel unter Druck gerichtet wird, oder einen Mikrowellengenerator. Es zeigt sich, daß damit zum einen

eine ausreichende Reduktionsmittelverdampfung erzielbar ist und andererseits der Aufwand für die Bereitstellung des Verdampfers relativ gering bleibt.

[0007] Bei einer nach Anspruch 2 weitergebildeten 5 Abgasreinigungsanlage ist als Wärmequelle des Verdampfers eine Prallplatte vorgesehen, die parallel zur Abgasströmungsrichtung orientiert ist und daher die Abgasströmung nicht merklich stört, so daß kein signifikanter Abgasdruckabfall über den Verdampfer hinweg 10 auftritt. Die Prallplatte kann dabei flächig an der Innenseite eines Abgasrohres oder aber im Inneren desselben positioniert sein. Die Beheizung kann in einer je nach Anwendungsfall geeigneten, herkömmlichen Weise erfolgen, z.B. durch eine zugeordnete elektrische 15 Heizeinheit.

[0008] Bei einer nach Anspruch 3 weitergebildeten 20 Abgasreinigungsanlage ist als Wärmequelle des Verdampfers eine beheizbare Prallplatte vorgesehen, die sich in einem Teilstrom-Leitungszweig des Abgasstrangs befindet, wobei dieser Leitungszweig von einem Hauptstrom-Abgasstrangabschnitt abzweigt und stromabwärts von der Abzweigstelle wieder in diesen einmündet.

[0009] Eine nach Anspruch 4 weitergebildete 25 Abgasreinigungsanlage beinhaltet wenigstens zwei hintereinandergeschaltete Katalysatorstufen mit unterschiedlichem Ammoniak-Speicherverhalten, von denen wenigstens eine den Stickoxid-Reduktionskatalysator bildet. Es zeigt sich, daß diese Maßnahme in bestimmten Fällen zur Erzielung einer möglichst vollständigen 30 Stickoxidreduktion von Vorteil ist, wobei je nach Einsatzfall die stromaufwärtige Stufe ein höheres oder niedrigeres Ammoniak-Speichervermögen als die stromabwärtige Stufe haben kann.

[0010] Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm eines 40 Verbrennungsmotors mit zugehöriger Abgasreinigungsanlage mit Mikrowellengenerator-Verdampfer,

Fig. 2 eine Darstellung entsprechend Fig. 1, jedoch für eine Abgasreinigungsanlage mit im Abgashauptstrom liegendem Prallplatten-Verdampfer und

Fig. 3 eine Darstellung entsprechend Fig. 1, jedoch für eine Abgasanlage mit in einem Teilstrom-Leitungszweig angeordnetem Prallplatten-Verdampfer.

[0011] Fig. 1 zeigt schematisch einen z.B. in einem Kraftfahrzeug verwendeten Verbrennungsmotor 1 mit einer zugehörigen Abgasreinigungsanlage zur Reinigung des Motorabgases insbesondere von darin eventuell enthaltenen Stickoxiden. Letztere treten insbesondere bei mager betriebenen Verbrennungsmotoren auf.

[0012] Für die Reinigung des Abgases von Stickoxiden beinhaltet die Abgasreinigungsanlage einen im Abgasstrang 2 des Verbrennungsmotors 1 positionierten Stickoxid-Reduktionskatalysator 3. Dieser kann ein- oder mehrstufig ausgelegt sein, wobei in Fig. 1 beispielhaft eine zweistufige Auslegung mit einer stromaufwärtigen Stufe 3a und einer stromabwärtigen Stufe 3b gezeigt ist. Die beiden Katalysatorstufen 3a, 3b unterscheiden sich vorzugsweise in ihrem Ammoniak-Speicher vermögen, wobei je nach Bedarf die stromaufwärtige Katalysatorstufe 3a ein niedrigeres oder höheres Ammoniak-Speicher vermögen hat als die stromabwärtige Katalysatorstufe 3b.

[0013] Des weiteren beinhaltet die Abgasreinigungsanlage stromaufwärts des Stickoxid-Reduktionskatalysators 3 im Abgasstrang 2 eine Reduktionsmittel-Zudosierereinrichtung, die eine Zufuhr einheit 4 und einen Verdampfer 5 aufweist. Über die Zufuhr einheit 4 wird ein Reduktionsmittel oder ein Vorprodukt desselben, z.B. fester oder flüssiger Harnstoff, von außen in den einteiligen Abgasstrang 2 eingedüst, in welchem der von den einzelnen Motorzylindern kommende, zusammengefaßte Abgasstrom 6 geführt ist. Der Verdampfer 5 ist stromabwärts von der Zudosierstelle im Abgasstrang 2 positioniert und enthält als Wärmequelle einen Mikrowellengenerator, der von einem üblichen Typ ist und daher hier weiter dargestellt ist. Eingespritzter Harnstoff wird unter der Wirkung der vom Mikrowellengenerator erzeugten Mikrowellenstrahlung im Verdampfer 5 zu gasförmigem Ammoniak und Kohlendioxid hydrolysiert. Zur Unterstützung der Hydrolysereaktion kann der Verdampfer 5 ein geeignetes Hydrolysekatalysatormaterial beinhalten.

[0014] Im Abgasstrangabschnitt zwischen Verdampfer 5 und Stickoxid-Reduktionskatalysator 3 ist ein Gasmischer 7 üblicher Bauart vorgesehen, durch den eine homogene Vermischung des im Verdampfer 5 verdampften Reduktionsmittels mit dem zu reinigenden Abgas erreicht wird. Zudem kann der Gasmischer 7 bei Bedarf so ausgelegt sein, daß er zusätzlich als Harnstoff-Hydrolysekatalysator fungiert und/oder eine stickoxidreduzierende Funktion ausübt. Im anschließenden Stickoxid-Reduktionskatalysator 3 erfolgt dann unter Beteiligung des dampfförmigen Reduktionsmittels die vollständige selektive chemische Reduktion der im Abgas enthaltenen Stickoxide zu Stickstoff.

[0015] Je nach Bedarf kann zudem vorgesehen sein, daß weitere Katalysatoren mit abgasreinigender Funktion, wie ein Oxidationskatalysator oder ein Dreie wege-Katalysator, seriell vor oder hinter dem Stickoxid-Reduktionskatalysator 3 angeordnet sind, sei es als eigene Katalysatorkörper oder integriert mit dem Stickoxid-Reduktionskatalysator 3 in einer gemeinsamen Katalysatorbaueinheit.

[0016] Fig. 2 zeigt eine Variante der Abgasreinigungsanlage von Fig. 1, wobei der Einfachheit halber für funktionell gleiche Komponenten wie in Fig. 1 dieselben Bezugssymbole verwendet sind und insoweit auf die

obige Beschreibung zu Fig. 1 verwiesen werden kann. Anstelle des Mikrowellenverdampfers 5 der Anlage von Fig. 1 weist die Abgasreinigungsanlage von Fig. 2 einen Prallplatten-Verdampfer auf, der aus einer beheizbaren Prallplatte 5a besteht, die in einer üblichen und daher nicht näher gezeigten Weise z.B. elektrisch beheizt wird.

[0017] Die verdampfende Prallplatte 5a befindet sich im Inneren des von einem entsprechenden Abgasrohr gebildeten, einteiligen Abgasstrangs 2 mit Abstand zur Rohrwandung und ist parallel zur Längsachse des Abgasrohrabschnitts orientiert. Dementsprechend liegt sie mit ihrer Plattenebene auch parallel zur Hauptströmungsrichtung des sie umströmenden Abgasstroms 6, so daß sie den Abgasrohr-Strömungsquerschnitt nur minimal mit ihrer Schmalseite beeinflußt.

[0018] Mit Abstand liegt der Aufprallseite der Prallplatte 5a die als Eindüse einheit bzw. Einspritzdüse ausgeführte Reduktionsmittel-Zufuhr einheit 4 gegenüber, die in eine zugehörige Öffnung der Abgasrohrleitung eingebracht ist. Über die Eindüse einheit 4 wird das Reduktionsmittel bzw. das Reduktionsmittel-Vorprodukt, wie gelöster Harnstoff, unter Druck auf die zugewandte Seite der beheizten Prallplatte 5a aufgespritzt oder aufgesprührt und dadurch in den Abgasstrom 6 verdampft. Der nachfolgende Gasmischer 7 sorgt für eine ausreichende Vermischung des verdampften Reduktionsmittels bzw. Reduktionsmittel-Vorprodukts mit dem Abgas. Zudem kann der Gasmischer 7 bei Bedarf wiederum die weitere Funktion erfüllen, ein in Dampfform dem Abgas zudosiertes Reduktionsmittel-Vorprodukt in das gewünschte Reduktionsmittel umzuwandeln, z.B. Harnstoffdampf durch Hydrolyse in gasförmigen Ammoniak. Bei Bedarf kann zudem die Prallplatte 5a mit einer katalytisch wirksamen Beschichtung versehen sein, z.B. mit einem Hydrolysekatalysatormaterial zur Umwandlung von Harnstoff in Ammoniak. Im übrigen ergeben sich für die Anlage von Fig. 2 dieselben vorteilhaften Eigenschaften und Modifikationsmöglichkeiten, wie sie für die Anlage von Fig. 1 oben angegeben sind.

[0019] Fig. 3 zeigt eine Variante der Abgasreinigungsanlage von Fig. 2, bei welcher statt des im Abgas hauptstrom angeordneten Prallplatten-Verdampfers 5a der Anlage von Fig. 2 ein wiederum als beheizbare Prallplatte 5b realisierter Verdampfer in einem Teilstrom-Leitungszweig 2a des Abgasstrangs 2 angeordnet ist. Der Teilstrom-Leitungszweig 2a zweigt an einer Ausmündungsstelle 8 vom Hauptstrom-Abgasstrangabschnitt 2b des Abgasstrangs 2 ab und mündet an einer stromabwärtigen Einmündungsstelle 9 wieder in den Hauptstrom-Abgasstrangabschnitt 2b ein. Dementsprechend teilt sich der Abgasstrom in diesem Bereich in einen im Hauptstrom-Abgasstrangabschnitt 2b verbleibenden Abgashauptstrom 6b größerer Abgasmenge und einen durch den Teilstrom-Leitungszweig 2a strömenden Abgasteilstrom 6a kleinerer Abgasmenge auf. **[0020]** Im Teilstrom-Leitungszweig 2a ist die beheizbare Prallplatte 5b an einer Wandung des zuge-

hörigen Leitungsrohres angeordnet, während in einer Öffnung im gegenüberliegenden Rohrwandbereich die als Einspritzdüse ausgelegte Reduktionsmittel-Zufuhrseinheit 4 fixiert ist. Die Einspritzdüse 4 liegt der beheizbaren Prallplatte 5b auf diese Weise mit Abstand gegenüber und spritzt oder sprüht im Betrieb das ihr zugeführte Reduktionsmittel oder Reduktionsmittel-Vorprodukt unter Druck auf die zugewandte, heiße Seite der Prallplatte 5b auf. Das Reduktionsmittel bzw. Reduktionsmittel-Vorprodukt wird dadurch verdampft und vom Abgasteilstrom 6a mitgerissen, mit dem es dann mit dem Abgashauptstrom 6b zusammengeführt wird, der den Prallplatten-Verdampfer 5b umgeht. Im anschließenden Gasmischer 7 wird das verdampfte Reduktionsmittel bzw. Reduktionsmittel-Vorprodukt homogen über den gesamten Abgasrohrquerschnitt mit dem Abgas vermischt und dabei, falls es sich um ein Reduktionsmittel-Vorprodukt handelt, gleichzeitig in das gewünschte Reduktionsmittel umgewandelt, das dann im anschließenden Stickoxid-Reduktionsmittelkatalysator 3 zur Stickoxidreduktion zur Verfügung steht. Im übrigen ergeben sich auch für die Anlage von Fig. 3 wiederum dieselben Eigenschaften, Vorteile und Variationsmöglichkeiten, wie sie oben zu den Anlagen der Fig. 1 und 2 angegeben sind.

5

10

15

20

25

sich im Inneren der Rohrleitung befindet.

3. Abgasreinigungsanlage nach Anspruch 2, weiter **dadurch gekennzeichnet, daß** die beheizbare Prallplatte (5b) in einem Teilstrom-Leitungszweig (2a) des Abgasstrangs (2) angeordnet ist, der von einem Hauptstrom-Abgasstrangabschnitt (2b) abweigt und stromabwärts der Abzweigstelle (8) wieder in diesen einmündet.
4. Abgasreinigungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter **dadurch gekennzeichnet, daß** sie zwei seriell hintereinandergeschaltete Katalysatorstufen (3a, 3b) mit unterschiedlichem Reduktionsmittel-Speichervermögen beinhaltet, von denen wenigstens eine den Stickoxid-Reduktionskatalysator bildet.

Patentansprüche

1. Abgasreinigungsanlage zur Reinigung eines in einem Abgasstrang (2) geführten Abgasstroms (6), insbesondere für einen Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotor, mit

30

35

40

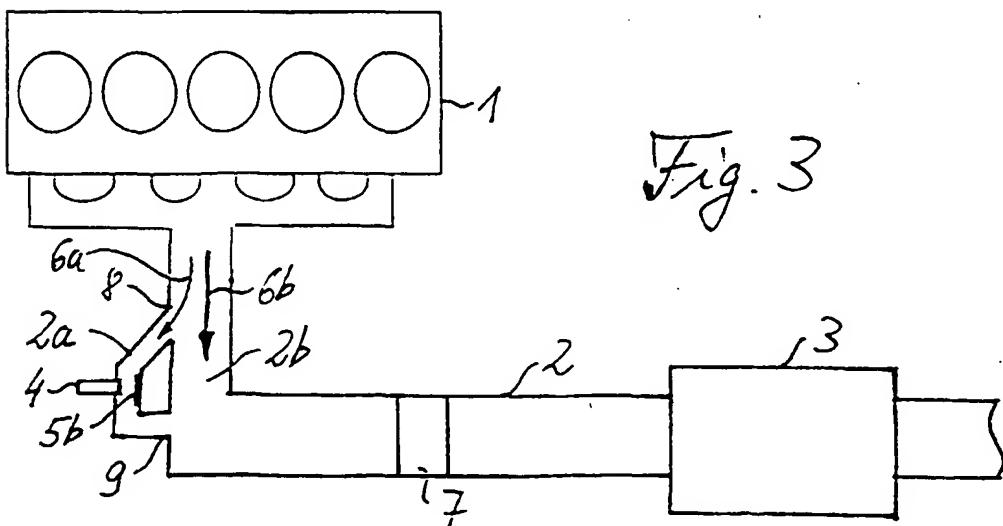
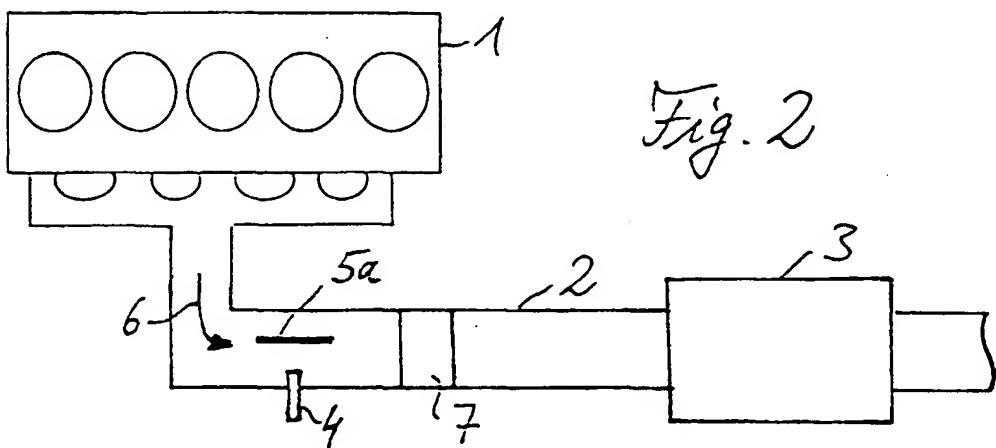
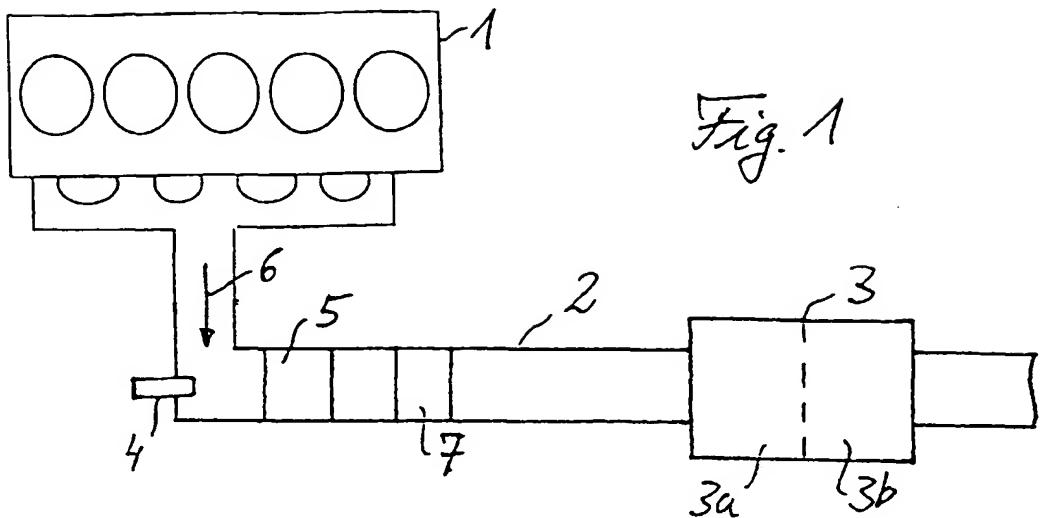
45

50

55

2. Abgasreinigungsanlage nach Anspruch 1, weiter **dadurch gekennzeichnet, daß**

die beheizbare Prallfläche von einer parallel zur Abgasströmungsrichtung orienten Prallplatte (5a, 5b) gebildet ist, die flächig an der Innenseite einer Rohrleitung (2a) des Abgasstrangs (2) anliegt oder





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI7)
X	EP 0 737 802 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ;NIPPON SOKEN (JP)) 16. Oktober 1996 (1996-10-16) * Spalte 7, Zeile 37 – Zeile 54; Abbildungen 1,4 *	1	F01N3/20
Y	US 5 628 186 A (SCHMELZ HELMUT) 13. Mai 1997 (1997-05-13) * Spalte 6, Zeile 45 – Spalte 7, Zeile 4 * * Spalte 7, Zeile 31 – Zeile 37; Abbildung 1 *	4	
Y	US 5 628 186 A (SCHMELZ HELMUT) 13. Mai 1997 (1997-05-13) * Spalte 6, Zeile 45 – Spalte 7, Zeile 4 * * Spalte 7, Zeile 31 – Zeile 37; Abbildung 1 *	4	
A	* Spalte 6, Zeile 45 – Spalte 7, Zeile 4 * * Spalte 7, Zeile 31 – Zeile 37; Abbildung 1 *	1	
X	DE 195 10 804 A (DORNIER GMBH) 26. September 1996 (1996-09-26)	1	
A	* Spalte 6, Zeile 4 – Zeile 31; Ansprüche 1-4 *	2	
A	US 5 665 318 A (STUTZENBERGER HEINZ ET AL) 9. September 1997 (1997-09-09) * Spalte 3, Zeile 42 – Spalte 4, Zeile 12; Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
A	EP 0 864 732 A (TOPSOE HALDOR AS) 16. September 1998 (1998-09-16) * Spalte 1, Zeile 55 – Spalte 2, Zeile 54; Abbildungen 1-3 *	1	F01N RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.CI7)
A	US 4 404 796 A (WADE WALLACE R) 20. September 1983 (1983-09-20) * Spalte 5, Zeile 23 – Zeile 37; Abbildung 2 *	1,2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	28. August 2000	Schmitter, T	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 10 9949

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-08-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0737802	A	16-10-1996	JP US	8284647 A 5806310 A		29-10-1996 15-09-1998
US 5628186	A	13-05-1997	DE AT WO DE EP ES JP	4315278 A 143460 T 9427035 A 59400746 D 0697062 A 2091694 T 8509795 T		10-11-1994 15-10-1996 24-11-1994 31-10-1996 21-02-1996 01-11-1996 15-10-1996
DE 19510804	A	26-09-1996		KEINE		
US 5665318	A	09-09-1997	DE EP JP	4436415 A 0708230 A 8177467 A		18-04-1996 24-04-1996 09-07-1996
EP 0864732	A	16-09-1998	CA CN JP NO	2231987 A 1198960 A 10314549 A 981039 A		13-09-1998 18-11-1998 02-12-1998 14-09-1998
US 4404796	A	20-09-1983	CA	1199278 A		14-01-1986